



유지 보수 영역에서의 고급 분석 적용을 통한 예지 정비 개념 및 적용사례

홍민우 파트너
SAP코리아

minwoo.hong@sap.com

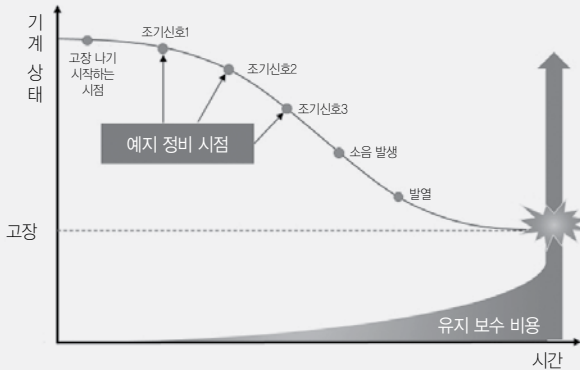
1. 개요

최근 사물 간의 소통으로 발생한 데이터를 활용하는 사물인터넷이 기업 경쟁력의 화두로 떠오르면서 자연스럽게 예지 정비(Predictive maintenance)에 대한 관심도 높아지고 있다. 자산 또는 설비에 문제가 생겼을 때 수리하는 사후 정비(Reactive maintenance)와 부품의 상태에 관계없이 정해진 주기에 따라 유지 보수를 진행하는 예방 정비(Preventive maintenance)와 달리, 예지 정비는 고장이 발생하기 전에 미리 신호를 분석해 선제적으로 고장에 대응하는 개념이다.

전 세계에서 발생하는 연간 유지 보수 비용은 4,470억 달러(약 560조 원)에 달한다.¹⁾ 연간 유지 보수 비용 중 비효율적인 보수 방법으로 인해 낭비된 비용의 비율은 유럽에서 36%²⁾, 미국에서 23%³⁾ 이상이다. 이에 따라, 예지 정비를 자산 관리에 적절하게 활용해 유지 보수 비용 중 일부만 절감하더라도 그 금액은 상당할 것임을 알 수 있다.

하나의 대형 사고 이전에 이와 관련된 경미한 사고들이 사전에 발생한다는

1) SAP's global framework on maintenance and asset management
2) ConMoto, Wertorientierte Instandhaltung (2011)
3) ARC Advisory Group, Predictive Maintenance Survey



〈그림 1〉 예지 정비의 개념

하인리히의 법칙과 같이, 예지 정비도 고장 전 조기 신호들이 존재하며, 이를 분석할 경우 고장을 예측할 수 있다는 전제를 기반으로 한다. 조기 예측이 중요한 이유는 고장이라는 상태가 심각해질수록 유지 보수 방법도 복잡해지며, 실제로 고장이 났을 때의 손해는 앞에서 언급된 높은 보수 비용뿐만 아니라 생산 중단 등으로 인해 잠재적인 매출 손실로도 이어질 수 있기 때문이다. 예로 한 제조업체에서 생산 설비 가동이 중단된 경우 제품 납기 일자를 놓치는 것은 물론 고객의 신뢰

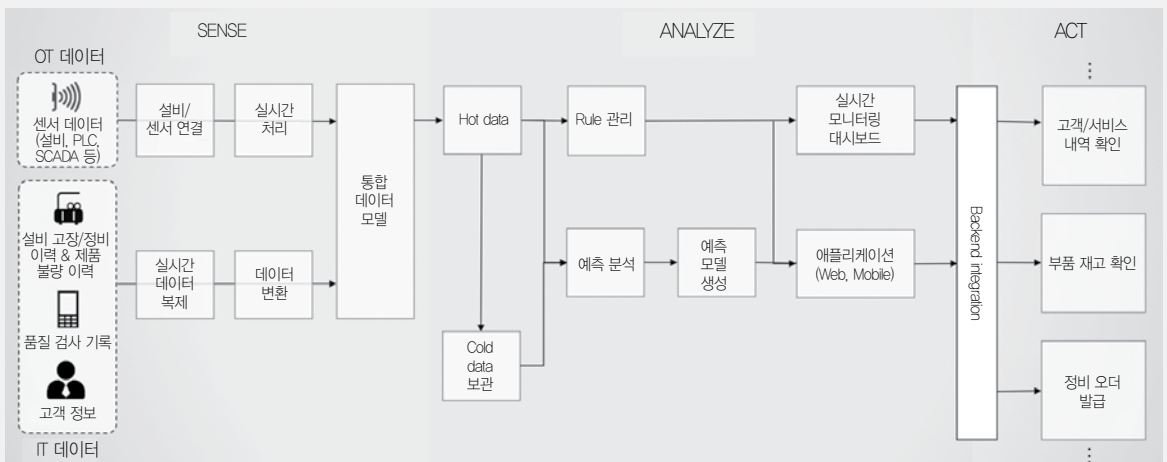
와 영업 기회를 잃는 결과로 이어진다.

최근에는 산업업체가 자사 내 운용 중인 자산 및 설비 관리에만 예지 정비를 적용하는 것뿐만 아니라 고객에게 판매하는 제품에 대한 차별화를 위해 예지 정비 서비스를 제공하는 사례도 점차 증가하는 추세다. 따라서, 예지 정비는 비용 절감은 물론 시장 경쟁력을 좌우하는 전략적인 방안으로서도 간주할 만하다.

2. 기술

그렇다면 예지 정비를 실현하는 기술에는 어떤 것들이 있을까? 용어에 ‘예지’라는 단어가 들어 있어 예측만이 중요한 것으로 생각될 수도 있으나, 사실 예지 정비는 여러 가지 기술들이 집약된 정교한 개념이다.

예지 정비를 하기 위해서는 크게 데이터 수집(Sense), 분석(Analyze), 분석 결과 기반 비즈니스 실행(Act) 세 단계를 거쳐야 한다. 이와 관련된 기술과 개념을 나열



〈그림 2〉 예지 정비를 위한 아키텍처

하면 다음과 같다.

a. Sense – OT 데이터와 IT 데이터

예지 정비에 필요한 데이터는 크게 OT 데이터와 IT 데이터로 나뉜다.

OT(operational technology) 데이터는 설비나 제품에 부착된 센서에서 발생하는 데이터를 의미한다. OT 데이터는 보통 시간에 흐름에 따른 시계열 데이터로서 실시간으로 수집되는 특징이 있다. OT 데이터를 분석하기 위해 센서가 부착된 설비와 데이터 저장 플랫폼의 인터페이스에 대한 부분, 그리고 실시간으로 수집되는 만큼 어떤 시간 단위(분, 초, 밀리세컨드 등)로 어떻게 집계할 것인지(특정 시간 단위별 평균값, 최솟값, 최댓값 등)에 대한 고민이 필요하다. 많은 기업이 공정 센서 데이터를 실시간으로 모니터링만 하고 별도의 저장 없이 흘러보내는 경우가 많아 예지 정비를 위한 고급 분석을 위해서는 데이터를 따로 수집 및 저장의 필요성이 있다.

IT(Information Technology) 데이터는 기업의 비즈니스 시스템에 담긴 데이터로 보통 ERP, CRM 등 IT 시스템의 데이터를 지칭한다. 설비 고장 이력 데이터, 품질 검사 기록, 또는 제조업체의 제품을 소유한 고객 정보 등이 IT 데이터의 예시가 될 수 있다. IT 데이터

는 분석에 필요한 데이터를 선별적으로 IT 시스템에서 관련된 데이터를 복제하는 방식을 사용한다. IT 데이터는 예지 정비를 위한 첫 단추의 역할을 하는데, 그 이유는 단순한 센서 데이터에 비즈니스적인 의미를 추가함으로써 보다 입체적인 분석을 할 수 있게 되기 때문이다. 단순히 설비의 센서 데이터만을 기반으로 진동 상태를 분석하는 것과 과거 해당 설비의 고장 여부, 고장으로 인한 생산량의 변화 등 비즈니스에 영향을 주는 요소를 고려해 통합적인 분석 및 판단을 내리는 것은 확연한 차이가 있다.

따라서, OT 데이터와 IT 데이터는 함께 연계해 분석돼야 한다. OT 데이터와 IT 데이터를 결합한 통합 데이터 모델이 구성되면 비로소 다음 단계인 분석을 위한 준비가 끝난다.

b. Analyze – 모니터링과 예측 분석

다음은 수집된 OT 데이터와 IT 데이터를 기반으로 본격적인 '분석'을 하는 단계다. 예지 정비라는 용어 때문에 예측만 필요하다고 생각될 수 있으나 과거 데이터에 대한 탐색, 현재 데이터에 대한 실시간 모니터링, 그리고 미래 예측 분석이 모두 중요하다.

실시간 설비 상태 모니터링의 경우, 사람이 경험적으로 실시간 데이터 대시보드를 통해 이상치를 탐지하



〈그림 3〉 예지 정비와 비즈니스 프로세스와의 연계

거나, 과거 데이터를 사전에 미리 분석해 조건(Rule)을 걸어두는 방법이 있다. 룰에 정의된 기준치를 벗어날 경우 실시간으로 알람을 주고, 이와 관련된 정보를 함께 대시보드나 애플리케이션에 보여주는 형태다. 여기에 예측 분석을 적용하면 통계학적 알고리즘을 통한 보다 정교한 패턴 분석이 가능하다. 과거 데이터를 바탕으로 고장과 관련된 증상 패턴, 기계 수명 예측, 고장 확률을 높이는 요인 등을 분석해 향후 어떤 조건일 때 고장이 나타날지를 예측해 유지 보수 계획에 반영할 수 있다. 고장 예측을 위해 어떤 알고리즘을 적용해야 하는지는 설비에 산업에 따라 천차만별로 달라지기 때문에 데이터 사이언티스트와 현장 경험을 지닌 현업 전문가들의 협력이 필수적이다.

c. Act – 비즈니스 프로세스와의 연계

앞에서 언급한 것처럼 예지 정비는 단순히 데이터를 분석하는 것에서 끝나는 것이 아니라 실제 비즈니스 프로세스와 연계돼야만 의미가 있다. 예지 정비가 비즈니스 프로세스와 연계된다는 것은 OT 데이터와 IT 데이터를 통합해 모니터링하고, 분석한 결과가 IT 시스템에 연결돼 실시간으로 의사결정을 하는데 도움을 주고, 문제에 대한 대응 시간을 단축할 수 있다는 데 있다. 예를 들어 설비 고장이 예측되면 이에 맞춰 정비 스케줄링을 최적화하거나, 수리에 필요한 부품 재고를 확인 후 선제적으로 주문하는 것이 있다. 이와 같이 예지 정비 분석 시스템이 비즈니스 프로세스를 관리하는 ERP, CRM 등과 같은 IT 시스템과 유기적으로 연동되는 것이 중요하다.

3. 사례

최근 들어 예지 정비를 실제로 적용해 효과를 경험하는 기업이 조금씩 늘어나고 있다. 자체적으로 운용 중인 열차

설비에 예지 정비를 적용한 트랜이탈리아(Trenitalia), 그리고 자사가 판매하는 제품에 대한 예지 정비 서비스를 제공하는 캐저컴프레셔(Kaeser Kompresseron)의 사례를 통해 예지 정비가 어떻게 실제로 적용될 수 있는지 살펴보고자 하자.

a. 트랜이탈리아(Trenitalia)



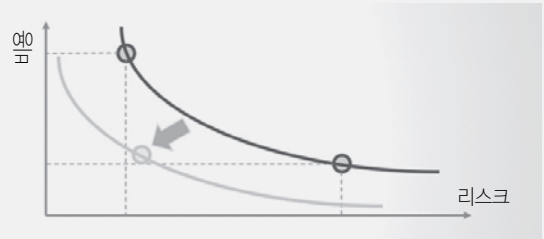
- 산업 : 철도
- 본사 : 이탈리아
- 매출 : 55억 유로(2015)
- 사업 규모 : 전기 열차 2,000량, 기관차 2,000량, 객차 30,000량

트랜이탈리아(Trenitalia)는 연 6억 명을 수송하고 매일 400대의 화물편을 운송하는 이탈리아의 국영 철도 기업이다. 트랜이탈리아는 효율적인 정비 스케줄링을 통해 열차 가동률을 극대화하고, 운영 비용을 최소화하는 비전을 세우고 이를 달성기 위해 DMMS(Dynamic Maintenance Management System)라는 프로젝트를 시작했다. 운행 거리 및 시간을 기반으로 계획 정비를 진행하고, 경험에 의존해 이상치를 파악한 기존의 정비 전략에서 나아가 열차 센서 데이터를 기반으로 부품별 상태를 분석해 정비 스케줄링을 최적화하고 수학적 모델링을 활용하는 것이 그 골자였다. 그러나 수많은 열차 차량에 부착된 600만 개의 센서에서 발생하는 빅데이터를 기간 시스템의 데이터와 연계해 분석하기 위한 기술적인 어려움, 그리고 정교하고 복잡한 통계적 모델링에 대한 어려움이 존재했다.

이를 해결하기 위해 트랜이탈리아는 인메모리 빅데

이더 플랫폼을 기반으로 DMMS 시스템을 구축했다. DMMS 시스템은 크게 운영 시스템과 개발 시스템으로 구분된다. 개발 시스템에서는 누적된 빅데이터를 기반으로 데이터 사이언티스트들이 규칙(Rule)과 예측 모델을 생성하고, 모델들을 운영 시스템에 적용해 운영 시스템에서는 설비 상태에 대한 대시보드, 규칙 기반의 실시간 알람 및 고장 확률 예측 등의 기능을 활용해 정비 관련 담당자들이 차량의 상태를 실시간으로 모니터링하고 조치를 취할 수 있도록 했다.

트렌이탈리아는 기존 정비 경험과 설계 정보를 기반으로 룰을 생성해 일괄적인 기준으로 단기적으로 고장에 대한 진단을 수행했고, 축적된 데이터를 기반으로 예측 알고리즘을 활용해 부품별 고장 위험도도 사전에 감지할 수 있었다. 더불어 분석 결과는 정비 스케줄링 시스템과 연동돼 이상이 감지될 경우 정비 스케줄에 대한 최적화가 가능했다. 또한, 부품별 수명을 예측해 효율적인 유지 보수 계획을 세워 평균 수리 시간을 단축하고, 열차의 평균 가동 시간 또한 증가하는 결과를 얻

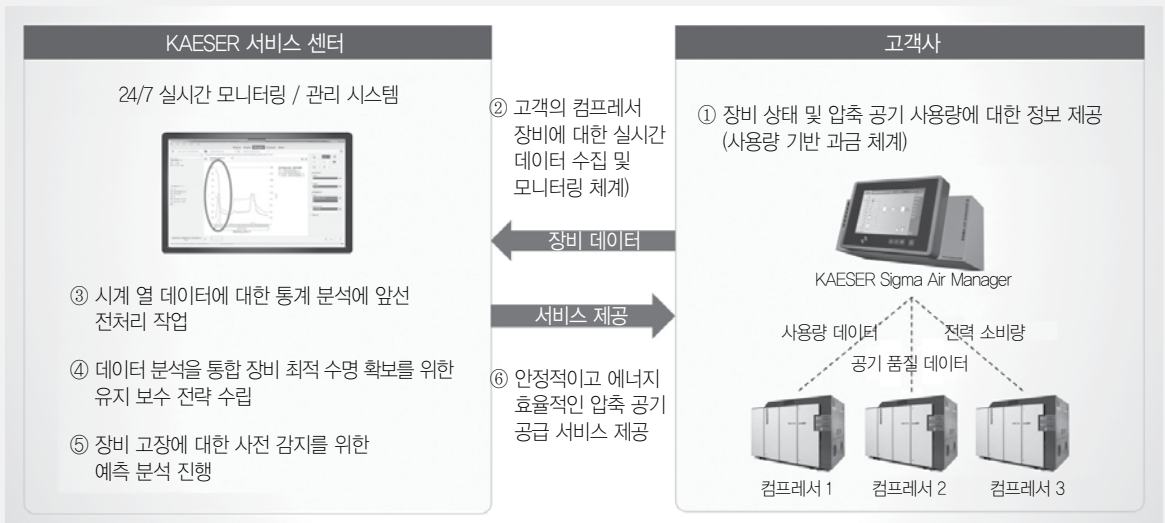


〈그림 4〉 DMMS를 통한 비용과 리스크 절감⁴⁾

었다. 결과적으로 데이터 기반 예지 정비 시스템을 통해 유지 보수 비용과 고장에 대한 리스크를 모두 낮추게 된 것이다.

기존 시스템에서는 열차 고장 리스크를 줄이기 위해 정비 횟수를 늘리면 높은 비용 부담이 발생했고, 반대로 비용 절감을 위해 정비 빈도를 낮추면 열차 고장으로 인해 발생하는 자산 관리 및 안전에 대한 리스크를 부담해야만 했다. DMMS의 성공적인 구축 이후 트랜

4) SAP Executive Summit 2015 – Danilo Gismondi, Trenitalia CIO



〈그림 5〉 예지 정비 서비스 비즈니스 모델

이탈리아는 빅데이터를 기반으로 비용 절감 및 리스크 감소라는 목표를 동시에 달성했다.

b. 캐저 콤푸레셔(Kaeser Kompressoren)



- 산업 : 압축 공기 펌프 제조 및 서비스
- 본사 : 독일
- 매출 : 1.2억 달러(2013)
- 사업 규모 : 91개국에서 200,000대의 압축 공기 시스템 운영 중

캐저콤푸레셔(Kaeser Kompressoren)는 BMW, Siemens, BASF 등 세계 유수의 제조업체들을 고객으로 보유한 압축 공기 펌프(또는 콤푸레셔) 제조 및 서비스 기업이다. 캐저콤푸레셔는 예지 정비를 차세대 비즈니스 전략으로 선택했는데 그 뒤에는 몇 가지 비즈니스 배경이 존재했다.

먼저 압축 공기 기술이 보편화가 되면서 기술력 차별화가 어려워졌다. 즉, 시장 자체가 성숙해지면서 저가 제품을 내세우는 경쟁사 대비 캐저콤푸레셔의 제품은 크게 매력을 발휘하지 못했다.

또한, 압축 공기 펌프 비즈니스에서 제품 판매 만큼 중요한 수입원이 서비스 매출이었는데, 고객사들이 TCO (Total cost of ownership ; 총 소유 비용) 절감 전략을 위해 설비를 자체 정비해 서비스에 대한 추가 계약이 이루어지지 않는 경우가 많았다.

이러한 상황에 직면한 캐저콤푸레셔는 기존의 펌프 판매를 넘어 고객이 펌프를 사용한 만큼 돈을 내는 '압축 공기 서비스 모델'로 비즈니스 모델을 전환했다. 고객들이 실제로 필요한 것은 펌프가 아닌 압축된 공기

자체라는 사실에서 착안한 아이디어였다. 또한, 고객이 사용하는 장비에 대해서는 예지 정비를 기반으로 고장 발생 전 유지 관리를 해주는 서비스를 실행해 경쟁사와 차별화된 전략을 구상했다. 캐저콤푸레셔는 고객사에 설치한 펌프들의 사용량 및 소비 전력량 등 상태를 실시간으로 수집 및 확인해, 데이터 기반으로 고장을 예측하는 예지 정비 시스템을 구현했다.

이로써 고객은 고가의 장비를 구매할 필요 없이 장비를 사용한 만큼만 돈을 내고 고품질의 유지 보수 서비스를 받게 돼 만족도가 높아졌으며, 캐저콤푸레셔는 고객사에 설치된 장비에서 나오는 데이터를 기반으로 분석한 내용을 제품 개발에 반영해 품질 향상 및 개선된 신규 모델 출시가 가능했다.

캐저콤푸레셔는 예지 정비를 통해 신규 비즈니스 모델을 창출하고, 차별화된 시장 경쟁력을 갖춘 좋은 사례다.

4. 맺음말

앞 사례에서도 볼 수 있듯 더 이상 예지 정비는 먼 미래의 이야기가 아니다. 사물인터넷과 빅데이터 관련 기술들이 급속도로 발전하고 있는 상황에서 예지 정비는 더욱 실현 가능한 비전으로 변화하는 추세다. 효율적인 자산 관리와 신규 비즈니스 모델로까지 적용될 수 있는 예지 정비를 어떻게 활용할지는 각 기업에서 판단할 몫이다.